

公路养护实用技术培训教材

公路路基 与路面养护

主 编 王红霞
副主编 李志强
主 审 吴敏刚



人民交通出版社
China Communications Press

责任编辑：彭 敏 袁 方

封面设计：多边数字媒体

《公路养护实用技术培训教材》的特点

- ◇ 一是以公路养护工程的小修保养为主，突出基本定义和概念、基本方法和工艺、基本标准和要求；注重反映公路养护的新技术、新工艺、新方法和新材料。
- ◇ 二是以部颁公路养护规范及规程为标准，紧扣公路养护施工实际，突出先进性、指导性、实用性和操作性。
- ◇ 三是教材以图代文、图文并茂，语言生动，通俗易懂。
- ◇ 四是以理论实践一体化的教学模式，突出技能教学，注重快速提高实际运用能力和操作能力。

公路养护实用技术培训教材

公路路基与路面养护

公路桥涵与隧道养护

交通工程及沿线设施养护

公路养护机械使用与维护

ISBN 978-7-114-07939-9



9 787114 079399 >

读者反馈信箱：yf@ccpress.com.cn

网上购书/www.jtbook.com.cn

定价：27.00 元

公路养护实用技术培训教材

公路路基 与路面养护

Gonglu Luji Yu Lumian Yanghu

主 编 王红霞
副主编 李志强
主 审 吴敏刚



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书为《公路养护实用技术培训教材》分册之一。以现行标准、规范为基本依据,主要介绍了公路养护常用材料、公路路基与路面的养护和公路技术状况的评定。全书共分十章,主要内容包包括:公路养护常用材料、公路路基日常养护及典型病害防治、沥青路面养护、水泥混凝土路面养护、路面养护新技术、公路技术状况调查与评定。

本书可作为职业院校相关专业的教学用书,也可作为公路养护技术人员和管理人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

公路路基与路面养护/王红霞主编. —北京:人民交通出版社,2009.8

公路养护实用技术培训教材

ISBN 978-7-114-07939-9

I. 公… II. 王… III. 公路养护—技术培训—教材
IV. U418

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 094687 号

书 名:公路路基与路面养护

著 作 者:王红霞

责任编辑:彭 敏 袁 方

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010) 59757969 59757973

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京交通印务实业公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:11.5

字 数:281千

版 次:2009年8月 第1版

印 次:2009年8月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-07939-9

印 数:0001~3000册

定 价:27.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

《公路养护实用技术培训教材》

编 委 会

总主编：戴新忠 李志强 赵河清

编 委：戴新忠 李志强 赵河清
李兴民 吴敏刚 邓晓刚
管 频 付清华 王红霞
王运周 吴祥海 苏明贵
许 辉

目 录

绪论	1
第一节 公路养护现状及发展趋势	1
第二节 公路养护的目的和基本任务	2
第一章 公路养护常用材料	4
第一节 砂石材料	4
第二节 石灰、水泥	7
第三节 沥青	12
第二章 路基日常养护	19
第一节 路基养护概述	19
第二节 路肩和边坡的养护	20
第三节 路基排水设施的养护	23
第四节 路基防护工程的养护	31
第三章 路基典型病害防治	56
第一节 路基翻浆与防治	56
第二节 崩塌与防治	60
第三节 滑坡与防治	66
第四节 泥石流与防治	73
第四章 特殊地区路基养护	80
第一节 黄土地区路基养护	80
第二节 盐渍土地区路基养护	82
第三节 沙漠地区路基养护	86
第五章 沥青路面养护	94
第一节 沥青路面日常养护	94
第二节 沥青路面常见病害维修	97
第三节 高速公路沥青路面早期破坏预防	104
第六章 水泥混凝土路面养护	109
第一节 水泥混凝土路面日常养护	109
第二节 水泥混凝土路面常见病害维修	111
第七章 砂石及粒料类路面养护	122
第一节 砂石路面日常养护	122
第二节 改善土路面养护	128
第八章 路面养护新技术	133
第一节 路面微表处技术	133
第二节 低温修补技术	139
第三节 沥青路面再生技术	141

第四节 同步碎石封层技术	144
第五节 雾封层及沥再生技术	146
第六节 薄层罩面技术	148
第九章 公路自然灾害的防治	153
第一节 水毁的预防及抢修治理	153
第二节 公路雪害的防治	156
第三节 公路冰害的防治	159
第四节 公路雾害的防治	160
第十章 公路技术状况评定	163
第一节 公路技术状况评价指标	163
第二节 公路技术状况评定	164
第三节 公路技术状况调查及汇总表	170
参考文献	176

绪 论

第一节 公路养护现状及发展趋势

一、我国公路现状及发展趋势

公路是国家的基础设施,也是一个国家现代化水平的重要标志之一。对于我国公路建设者来说,最关键的有两个方面:一是要加快高等级公路建设,提高整个路网技术等级;二是要切实加强对已建成公路的养护管理,改善路网结构,保障公路畅通。其中,公路养护是保持路网完好,并不断使其得到改善,延长其使用寿命,为经济建设提供良好服务的根本条件。建养并重、协调发展,是公路交通事业自身发展的客观要求。

原交通部在《公路养护与管理发展纲要(2001—2010年)》中要求到2010年要基本完成公路管理体制 reform 工作,要在全中国基本建立起精简高效、职能明确、权责一致、运转协调、办事规范的新型公路管理体制;要按社会主义市场经济的要求,改革公路养护运行机制,初步建立全国统一、公平竞争、规范有序的公路养护工程市场;建立形成较为完善的公路管理行政法规、养护技术规范体系,适应依法治路、规范管理的需要。

二、甘肃省公路养护现状及发展趋势

2007年,原交通部提出了“服务国民经济和社会发展全局,服务社会主义新农村建设,服务人民群众安全便捷出行”的要求,这是指导和推进交通事业在“十一五”乃至更长时期又好又快发展的重要原则。当前,甘肃省公路通行保障能力有了大幅度的提高,经过近几年大规模的建设,全省高等级公路已达1000多公里,而且还有400多公里正在建设之中。但就国、省道干线公路而言,则存在着路况质量较差、行车安全水平较低、危旧桥涵大量存在、安全设施不够完善的状况。这些现象和问题的存在,严重制约着全省公路交通事业的进一步发展。所以,必须坚持建养并重的思想,转变“重建设、轻养护”的观念,不断加强公路养护工作,提高养护质量,不断增强公路设施为社会服务、为公众服务的能力。

目前甘肃省公路养护的基本状况是:养护组织形式仍不尽合理,专业养护技术和管理人员缺乏,竞争意识不强,大多数养管站还沿袭着传统的养护作业方式,机械化养护程度不高,劳动强度大,生产效率较低,养护质量较差;管理简单粗放,工作效率不高;公路超过使用年限超期服役的情况较为普遍,车辆的超限超载严重,导致公路病害较多,路况质量严重受损;而养护经费相对紧张,导致公路养护质量难以保证。

公路养护是建设的延续,良好的养护可以有效延长公路使用寿命,降低路桥设施的寿命周期成本。公路养护部门要树立“建设是发展,养护管理也是发展,而且是可持续发展”的理念,着重加强高等级公路和国省干线公路的日常养护,着力提高养护规范化、机械化和专业化水平,改进管理方式,完善规章制度,提高养护质量。高等级公路较之一般公路的养护而言,具有“技术标准高、设施齐全、交通流量大、行车速度快、桥涵构造物多”的特点。这些特点对高等

级公路养护管理的内容、方式、资金等各方面都提出了更高的标准和要求。

2007年,甘肃省新型高速公路养护模式正式建立,对高等级公路实行了属地养护的方式,这是高等级公路养护管理机制的一个重大转变。在这种模式下,高速公路管养实行分离,养护区间、管理权限和管理层次合理划分,并积极推进高速公路养护的机械化、专业化、市场化进程;甘肃省公路局统一履行行业监管职责、统一编制各级公路部门养护预算,各公路总段(分局)具体负责实施相应区域高速公路的养护工作。

公路养护部门要在借鉴以往比较成熟的国省道干线公路养护经验的基础上,加强对高等级公路养护内容、方式规律性的探索 and 认识,加大资金投入,配备高素质的专业养护队伍,购置高科技、高性能的养护机械设备,及时处治发生的各种病害,努力提高道路的通行能力和安全保障水平。

第二节 公路养护的目的和基本任务

一、公路养护的目的

公路是国家现代化建设的重要基础设施。由于反复承受汽车荷载和自然因素的侵蚀破坏,特别是由于交通量和重型车辆的不断增加,原有公路的使用功能会日渐退化,再加上在设计和施工中可能造成某些缺陷,使得公路服务质量难以适应社会经济的发展。因此,加强公路养护有着十分重要的意义。

公路养护的目的就是运用先进的技术和科学的管理方法,合理地分配和使用养护资金,通过科学养护和及时维修,使公路在设计使用年限内经常保持完好状态,并有计划地改善公路的技术标准,以提高公路的使用品质和服务质量,最大限度地发挥公路的功能和运输经济效益,保持路况完好,延长公路使用寿命,确保车辆安全、快速、舒适、经济地运行。

二、公路养护的基本任务

公路养护的基本任务包括以下几项内容。

- (1)经常保持公路及其设施的完好状态,及时修复破损部分,保证行车安全、舒适、畅通。
- (2)采取正确的技术措施,提高养护工作质量,以延长公路的使用年限。
- (3)防治结合,治理公路存在的病害和隐患,逐步提高公路的抗灾能力。
- (4)对原有技术标准过低的路段和构造物以及沿线设施进行分期改善和增建,逐步提高公路的使用质量和服务水平。

三、公路养护的技术政策

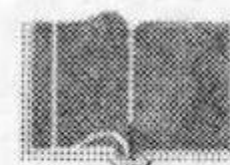
我国公路养护应遵循下列技术政策。

(1)公路养护工作必须贯彻“预防为主,防治结合”的方针。各级公路养护管理机构应根据积累的技术经济资料 and 当地具体情况,通过科学分析与防范,消除导致公路损毁的因素,增强公路设施的耐久性和抗灾能力。

(2)因地制宜,就地取材,尽量选用当地天然材料和工业废渣,充分利用原有工程材料和原有工程设施,以降低工程成本。

(3)推广应用先进的养护技术和科学的管理方法,改善养护生产手段,提高养护技术水平。

(4)重视综合治理,保护生态平衡、路旁景观和文物古迹,防止环境污染,尽量少占农田。



(5) 重视调查研究,针对病害原因采取相应的技术措施。

(6) 全面贯彻执行《公路桥梁养护管理工作制度》,加强桥梁的检查、维修、加固和改善,逐步消灭危桥。

(7) 公路养护工程设计应符合现行的《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)的规定,公路施工时应注重社会效益,保障公路畅通。

(8) 建立桥梁养护工程师制度,切实纠正“养路不养桥”的倾向。

(9) 加强以路面养护为中心的全面养护。

(10) 大力推广和发展公路养护机械化,实行大中小结合,以小型为主,尽量一机多挂,减轻劳动强度,保障工作人员的身体健

(11) 强化科学管理,坚持“质量否决权”制度。

(12) 实施 GBM(即公路标准化、美化)工程,逐步实现公路标准化、美化和管理规范化。

(13) 积极研究并增设现代化交通工程设施和服务设施,及时抢险救援,提高公路服务水平。

(14) 开展多方位、多层次的职工培训,强化管理干部、技术人员的继续教育和知识更新,提高队伍的文化技术素质。

四、公路养护工程技术措施应遵循的原则

(1) 认真开展路况调查,分析公路技术状况,针对病害产生的原因和后果,采取有效、先进、经济的技术措施。

(2) 加强养护工程的前期工作、各项材料试验及施工质量检验与监理,以确保工程质量。

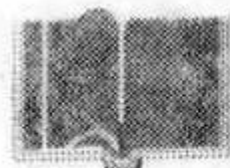
(3) 推广路面、桥梁管理系统,逐步建立公路数据库,实行病害监控,实现决策科学化,使有限的资金发挥最大的经济效益。

(4) 推广 GBM 工程,实施公路的科学养护与规范化管理,改变现有公路的面貌,提高公路的整体服务水平。

(5) 认真做好公路交通情况调查工作,积极开发、利用自动化观测和计算机处理技术,为公路规划、设计、养护、管理、科研及社会各方面提供全面、准确、连续、可靠的交通情况信息资料。

(6) 改革养护生产组织形式,管好、用好现有的养护机具设备,积极引进、改造、研制养护机械,逐步实现养护机械装备标准化、系列化,以保证养护工程的质量,提高养护生产效率,降低劳动强度,改善劳动环境。

(7) 加强对交通工程设施(包括标志、标线、通信、监控等)、收费设施、服务管理设施等的设置、维护、更新工作,保障公路应有的服务水平。



第一章 公路养护常用材料

第一节 砂 石 材 料

在公路施工及养护中,砂石材料是一种重要的建筑与养护材料,应用极为广泛。在公路养护、路面基层、桥涵等建筑养护中,普遍采用各种规格的块状石料、砾石材料和砂等集料。

一、砂及砂砾

砂砾是岩石风化而成的天然有棱角的松散材料,称为细集料或砂。在沥青混合料中,细集料是指粒径小于 2.36mm 的天然砂、人工砂(包括机制砂)及石屑;在水泥混凝土中,细集料是指粒径小于 4.75mm 的天然砂、人工砂。

1. 砂的分类

(1)砂按产源的不同可分为河砂、海砂和山砂几种。

(2)砂按粒径大小及细度模数的不同可分为粗砂、中砂和细砂 3 种。粗砂主要用于配制水泥混凝土,中砂常用于拌制砌筑砂浆,而细砂主要用于拌制抹面与勾缝砂浆。

2. 细集料(砂)的主要技术性质

细集料在公路工程中的主要技术性质有表观密度、堆积密度、紧装密度、空隙率、含水率等。

(1)表观密度。表观密度是指单位体积(含材料的实体矿物成分及闭口孔隙体积)物质颗粒的干质量,如图 1-1 所示。

$$\rho_a = \frac{m}{V_a + V_n} \quad (1-1)$$

式中: ρ_a ——细集料的表观密度,kg/m³;

V_a ——细集料的实体体积,m³;

V_n ——细集料的闭口孔隙体积,m³;

m ——干燥细集料的质量,kg。

其测定方法可采用容量瓶法或李氏比重瓶法。砂的表观密度一般为 2600 ~ 2700kg/m³。

(2)堆积密度。堆积密度是指单位体积(含物质颗粒固体及其闭口、开口孔隙体积及颗粒间空隙体积)物质颗粒的质量,有干堆积密度和湿密度之分。

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-2)$$

式中: ρ ——细集料的堆积密度,kg/m³;

m ——细集料的质量,kg;

V ——细集料的堆积体积,m³。

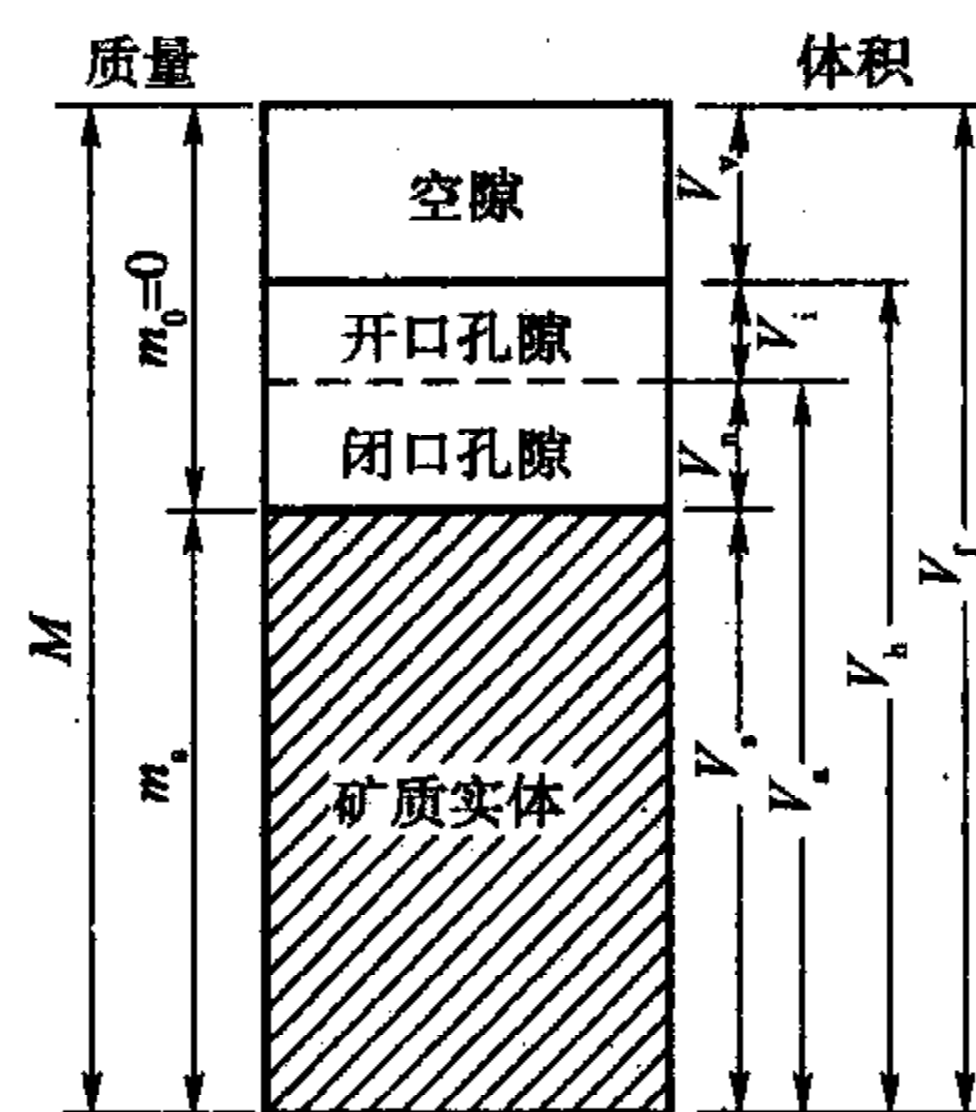
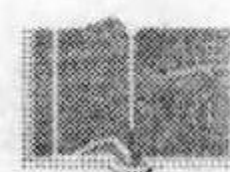


图 1-1 粗集料的体积与质量关系示意图



砂的堆积密度一般为 $1350 \sim 1650 \text{ kg/m}^3$ 。紧装密度一般为 $1600 \sim 1700 \text{ kg/m}^3$ 。

(3) 空隙率。空隙率是指集料之间的孔隙体积占集料总体积的百分率。一般在 $35\% \sim 45\%$ 之间, 特细砂可达 50% 左右。计算公式为:

$$n = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_a} \right) \times 100\% \quad (1-3)$$

式中: n ——砂的空隙率, %;

ρ ——砂的堆积密度或紧装密度, kg/cm^3 ;

ρ_a ——砂的表观密度, kg/cm^3 。

(4) 含水率。含水率是指砂中所含水的质量占干砂质量的百分率。砂的含水率测定方法同土的含水率测定方法。

3. 砂的质量要求

(1) 砂的颗粒级配。砂的颗粒级配是指砂中大小颗粒的相互搭配情况。砂的级配越好越密实, 其孔隙率越小, 与结合料结合后强度越高。砂的颗粒级配可通过筛分试验测定。取一定数量 (500 g) 的砂, 放入一整套标准筛内进行筛分, 分别求出试样存留在各筛上的质量, 计算三个级配参数, 即分计筛余百分率、累计筛余百分率和通过百分率, 即可测出其级配情况。

① 分计筛余百分率为各号筛上的筛余量除以试样总量的百分率, 精确至 0.1% 。

② 累计筛余百分率为该号筛及大于该号筛的各号筛的分计筛余百分率之和, 精确至 0.1% 。

③ 通过百分率等于 100 减去该号筛的累计筛余百分率, 精确至 0.1% 。

根据各筛的累计筛余百分率或通过百分率绘制级配曲线, 可反映砂的颗粒级配情况。

(2) 砂的粗度。砂的粗度是指不同粒径的砂搭配后总体的粗细程度, 是评价砂粗细程度的一种指标, 通常用细度模数指标来表示。根据集料规程的规定, 用于水泥混凝土中的砂按其细度模数的不同可分为粗砂、中砂和细砂三大类, 见表 1-1。

砂按细度模数分类

表 1-1

分类	粗砂	中砂	细砂
细度模数 M_x	$3.1 \sim 3.7$	$2.3 \sim 3.0$	$1.6 \sim 2.2$

根据累计筛余百分率计算细度模数。对水泥混凝土用的天然砂, 其细度模数应按公式 (1-4) 进行计算; 对沥青路面及各种路面的基层、底基层所用天然砂应按公式 (1-5) 进行计算。

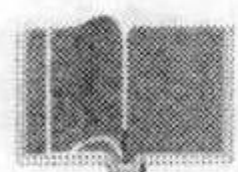
$$M_x = \frac{(A_{0.15} + A_{0.3} + A_{0.6} + A_{1.18} + A_{2.36}) - 5A_{4.75}}{100 - A_{4.75}} \quad (1-4)$$

$$M_x = \frac{A_{0.15} + A_{0.3} + A_{0.6} + A_{1.18} + A_{2.36} + A_{4.75}}{100} \quad (1-5)$$

式中: M_x ——砂的细度模数;

$A_{0.15}$ 、 $A_{0.3}$ 、 $\dots$ 、 $A_{4.75}$ ——分别为 0.15 mm 、 0.3 mm 、 $\dots$ 、 4.75 mm 筛上的累计筛余百分率 (%)。

细度模数越大, 表示砂的颗粒越粗。包裹砂表面的水泥浆用量就少, 可节约水泥。细度模数虽能表示砂的粗细程度, 但不能完全反映出砂的颗粒级配情况, 因为相同细度模数的砂可有不同颗粒级配。因此, 要全面表征砂的颗粒情况, 必须同时使用细度模数和级配两个指标。



二、石料

石料包括片石、块石、料石、拳石、碎石、砾石和卵石几种类型。

(1)片石。一般系指由爆破或楔劈法所得的形状不规则的石块。其边长约 30 ~ 40cm, 最小厚度不小于 20cm, 重约 20 ~ 30kg, 用于主体圬工工程的片石强度不小于 30MPa, 用于附属圬工工程的片石强度不小于 20MPa。片石主要用于砌筑路基边坡、挡土墙、桥梁护坡等附属工程。

(2)块石。是层状岩石或爆破石经粗加工而得的块状石料, 形状大致方正, 无尖锐突出部分, 其上下面大致平整, 厚度不小于 20cm, 宽度为厚度的 1.0 ~ 1.5 倍, 长度为厚度的 1.5 ~ 3.0 倍。常用于砌筑桥涵的墩身和台身。

(3)料石。是由层状岩石或大块石料开采并经修凿而成, 外形方正, 成六面体, 厚度不小于 20cm, 宽度为厚度的 1.0 ~ 1.5 倍, 长度为厚度的 2.5 ~ 4.0 倍。根据其加工的精细程度分为粗料石和细料石两种类型。当表面凹凸相差不大于 10mm 时, 称为粗料石; 当表面凹凸差不大于 5mm 时, 称为细料石。粗料石主要用于砌筑桥涵的墩、台身镶面及拱桥的拱圈; 细料石主要用于各种结构物砌体的镶面, 砌筑拱圈的拱脸石。

(4)拳石。形状近似于棱柱体的粗打石料, 其上下两个面应为平行四边形或多边形, 侧面无显著尖锐突出部分。主要用于铺筑路面、桥涵及其他加固工程的铺砌。

(5)碎石。是人工或机轧的岩石碎块, 表面粗糙, 具有棱角。按照粒径的不同区分为几类: 粒径为 70 ~ 120mm 的称为大碎石, 粒径为 35 ~ 70mm 的称为粗碎石, 粒径为 25 ~ 35mm 的称为中碎石, 粒径为 15 ~ 25mm 的称为小碎石, 粒径为 10 ~ 15mm 的为嵌缝料, 粒径为 5 ~ 12mm 的称为石屑, 粒径小于 5mm 的称为砂。碎石常用于路面基层。

(6)卵石和砾石。山体岩石自然破碎后, 经风化、搬运, 形成表面光滑, 形如禽卵的叫卵石; 形状不规则、边缘为钝角的称为砾石, 常用于路面基层。

三、粗集料(碎石)

粗集料包括人工轧制的碎石和天然风化而成的砾石。在公路与桥梁施工及养护工程中, 集料主要是水泥混凝土和沥青混合料中的骨架材料。在沥青混合料中, 粗集料是指粒径大于 2.36mm 的碎石、破碎砾石、筛选砾石和矿渣等; 在水泥混凝土中, 粗集料是指粒径大于 4.75mm 的碎石、砾石和破碎砾石。

1. 碎石的物理性质

(1)密度。测定粗集料的密度可用网篮法。

①毛体积密度。是指单位体积(含材料的实体矿物成分及其闭口孔隙、开口孔隙等颗粒表面轮廓线所包围的毛体积)物质颗粒的干质量。

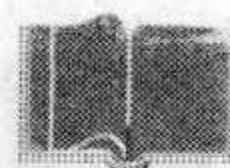
②表观密度。是指单位体积(含材料的实体矿物成分及其闭口孔隙体积)物质颗粒的干质量。

③松方密度。包括堆积状态、振实状态、捣实状态下的松方密度。

(2)空隙率。粗集料的空隙率是集料颗粒之间空隙体积占集料总体积的百分比。水泥混凝土用粗集料的空隙率按下式计算:

$$n = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_a} \right) \times 100\% \quad (1-6)$$

式中: n ——水泥混凝土用粗集料的空隙率, %;



ρ ——按振实法测定的粗集料的松方密度, kg/m^3 ;

ρ_a ——粗集料的表观密度, kg/m^3 。

(3) 粗集料的级配。粗集料的级配反映粗集料中各组成颗粒的分级和搭配情况, 级配是通过筛分试验确定的。一个好的级配, 要求空隙率最小且总表面积也不大。前者的目的是使集料本身最为紧密; 后者的目的是使水泥用量最为节约。在工程施工及养护中, 只有正确选用各级尺寸粗集料的含量, 才能达到上述两个目的。

(4) 坚固性。坚固性是指在气候、环境变化或其他物理因素作用下, 粗集料抵抗碎裂的能力。其测定方法为硫酸钠溶液法。

(5) 针片状颗粒含量。针片状颗粒指粗集料中细长的针状颗粒与扁平的片状颗粒。凡颗粒的最大长度(或宽度)方向与最小厚度(或直径)方向的尺寸之比大于3的颗粒称为针片状颗粒。针片状颗粒的存在会增加粗集料的空隙率, 降低密实性, 影响新拌混凝土的工作性, 降低硬化后水泥混凝土的强度和耐久性。同时针片状颗粒的存在会影响沥青路面的质量, 因此, 在粗集料中应限制其含量。

2. 粗集料(碎石)的力学特性

(1) 压碎值。是指粗集料在逐渐增加的荷载作用下抵抗压碎的能力, 以压碎试验后小于规定粒径的石料质量百分率表示, 是衡量粗集料力学特性的指标。其测定方法有以下两种:

①水泥混凝土粗集料压碎值试验, 以鉴定水泥混凝土粗集料的品质。

②沥青路面用集料压碎值试验。

(2) 石料的磨耗值。是指石料抵抗磨耗作用的能力。测定方法是洛杉矶法和狄法尔法。

第二节 石灰、水泥

一、石灰

1. 石灰的成分和用途

(1) 石灰的成分。石灰的主要成分为氧化钙和氧化镁, 根据成品加工方法的不同, 可分为:

①生石灰。由原材料煅烧而成的白色块状物, 主要含氧化钙及少量的氧化镁, 其密度为 $0.8 \sim 1.2 \text{t}/\text{m}^3$ 。

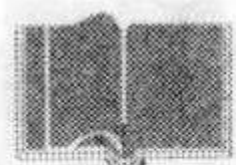
②生石灰粉。由块状生石灰磨细而得到的细粉, 其主要成分是氧化钙(CaO)。

③消石灰。生石灰遇水后会放热并粉化, 同时体积膨胀 $1.5 \sim 3.5$ 倍, 这被称为石灰的消解作用, 消解后的石灰称为熟石灰, 也称消石灰。其主要成分是氢氧化钙, 也含少量的氢氧化镁。

④石灰浆。将生石灰加多量的水消化而得的可塑性浆体称为石灰浆, 其主要成分为氢氧化钙和水。

在道路工程中, 随着半刚性基层在高等级公路中的应用, 近年来石灰稳定土、石灰粉煤灰稳定土及其石灰稳定碎石等也在基层中广泛应用。在桥梁工程中, 石灰砂浆、石灰水泥砂浆、石灰粉煤灰砂浆也广泛应用于圬工砌体中。

石灰岩在煅烧过程中, 一定要控制好煅烧温度, 如温度控制不好, 常会出现欠火石灰或过火石灰。欠火石灰比质量纯的生石灰密度大, 颜色发青, 内部有未烧透的内核, 使用时不能完全消解, 有效氧化钙和氧化镁含量低, 缺乏黏结力。过火石灰表面出现裂缝或玻璃状的外壳,



体积收缩明显,颜色呈灰黑色,块体密度大,消解缓慢,用于建筑结构物中仍能继续消解,以致引起体积膨胀,导致产生裂缝等破坏现象,危害极大。优质石灰色质洁白或带灰色,质量较轻,块状堆积密度为 $800 \sim 1000 \text{kg/m}^3$ 。

(2)石灰的用途。石灰的应用很广泛,主要用于制作石灰砂浆及石灰水泥混合砂浆,用于砌筑砖石材料,另外还可制成石灰土作为高级路面的基层。

2. 主要技术指标

(1)氧化钙和氧化镁的有效含量。活性氧化钙是石灰的主要成分,是石灰产生黏结性的主要来源。活性氧化钙与氧化镁含量是指石灰中活性氧化钙与氧化镁的质量占石灰试样总质量的百分率。活性氧化钙和氧化镁是其有效成分,其含量越多,活性越高,品质越好。因此,其含量是评价石灰质量的首要指标。

(2)石灰的细度。消石灰粉消解是否完全及生石灰磨细程度直接影响石灰的黏结性。现行标准规定以 0.9mm 方孔筛和 0.125mm 方孔筛的筛余百分率来控制,不同等级的石灰对其细度要求也不同。

(3)生石灰产浆量和未消解残渣含量。产浆量是单位质量的生石灰经消解后所产石灰浆的体积。石灰的产浆量越高,表示生石灰的品质越好。未消解残渣含量是指生石灰在标准消解条件下,残留在 5mm 圆孔筛上的残渣质量占石灰试样总质量的百分率。这些残渣为欠火石灰或过火石灰颗粒,其含量越多,石灰的品质越差,故必须加以控制。

(4)石灰的含水率。石灰在消解过程中,由于加水量难以控制,致使消石灰粉中含有少量的游离水分,其对石灰的品质有影响,故应加以控制。

3. 石灰的质量要求

现行《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTJ 057—94)规定,不论是生石灰、生石灰粉或消石灰粉,按其氧化镁含量大小的不同,划分为钙质石灰与镁质石灰两大类。具体指标参见相关标准。

二、水泥

水泥与水拌和成为塑性胶体,既能在空气中硬化,又能在水中硬化,所以水泥是一种水硬性胶凝材料。

1. 水泥的品种

在道路与桥梁工程中,通常应用的水泥有硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、复合硅酸盐水泥和道路硅酸盐水泥等几种。

(1)硅酸盐水泥。凡以适当成分的生料烧至部分熔融,所得以硅酸钙为主要成分的硅酸盐水泥熟料,加入适量的石膏,磨细制成的水硬性胶凝材料,称为硅酸盐水泥。硅酸盐水泥分为两种类型。不掺加混合材料的称为Ⅰ类硅酸盐水泥,代号 P. I。若在磨硅酸盐水泥粉时掺加不超过水泥质量 5% 的石灰石或粒化高炉矿渣混合材料的称为Ⅱ型硅酸盐水泥,代号 P. II。

(2)普通硅酸盐水泥。凡由硅酸盐水泥熟料、6% ~ 15% 混合材料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称为普通硅酸盐水泥(简称普通水泥),代号 P. O。

(3)矿渣硅酸盐水泥。凡由硅酸盐水泥熟料和粒化高炉矿渣、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称为矿渣水泥,代号 P. S。水泥中粒化高炉矿渣掺加量按质量百分比计,应为 20% ~ 70%。

(4)火山灰硅酸盐水泥。凡由硅酸盐水泥熟料和火山灰质混合料、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称为火山灰硅酸盐水泥,简称火山灰水泥,代号 P. P。水泥中火山灰质混合

材料按质量百分比计,应为 20% ~ 40%。

(5) 粉煤灰硅酸盐水泥。凡由硅酸盐水泥熟料和粉煤灰、适量石膏磨细制成的水硬性胶凝材料,称为粉煤灰硅酸盐水泥,简称粉煤灰水泥,代号 P. F。水泥中粉煤灰掺加量按质量百分比计,应为 20% ~ 40%。

由于道路路面工程对水泥的特殊要求,除了上述几种常用水泥外,还有一些特种用途的水泥,如快硬硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥、道路硅酸盐水泥、铝酸盐水泥等。

2. 技术指标

水泥的技术指标包括水泥的细度、水泥净浆标准稠度用水量、凝结时间、安定性和水泥的强度。

(1) 水泥的细度。水泥的细度是指水泥颗粒的粗细程度。用规定筛网上所得筛余物质量占试样原始质量的百分率或用比表面积来表示水泥样品的细度。水泥颗粒越细,水泥与水接触面积越大,水化速度越快,水化越充分,其早期强度越高。但过细的水泥,在空气中硬化收缩性较大,且标准稠度用水量增加,不宜长期储存。

水泥细度的测定方法有负压筛法、水筛法、手工干筛法及比表面积测定法几种方法,若几种测定结果发生争议时,以负压筛法为准。

(2) 水泥净浆标准稠度用水量。简称稠度,是指水泥净浆达到规定稠度时的加水量,以水泥质量百分率表示,用于测定水泥浆凝结时间和安定性的用水量。

水泥净浆标准稠度用水量的测定方法有调整水量法和固定水量法两种方法。如发生争议时以调整水量法为准。

用调整水量法测定时应符合《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30—2005)的规定,以水泥净浆稠度仪的试锥沉入深度为 (28 ± 2) mm 时的净浆为标准稠度,达到标准稠度时的用水量为标准用水量,一般在 24% ~ 30% 之间。

用固定水量法测定时,根据测得的试锥下沉深度 S (mm) 按式(1-7)计算标准稠度用水量 P 。

$$P = 33.4 - 0.185S \quad (1-7)$$

当试锥下沉深度小于 13mm 时,应改用调整水量法测定。

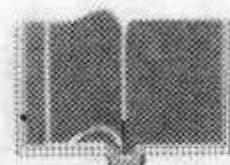
(3) 凝结时间。水泥的凝结时间是指水泥从加水开始,到水泥浆失去可塑性所需的时间。凝结时间分初凝时间和终凝时间。从水泥全部加入水中到水泥浆开始失去塑性所需的时间为初凝时间,用 min 计;从水泥全部加入水中到完全失去塑性的时间为终凝时间,用 min 计。《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)规定:初凝时间不早于 45min,终凝不迟于 390min。

(4) 安定性。安定性是指水泥在凝结硬化后,体积变化的均匀性。《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30—2003)规定:水泥安定性的测定方法有试饼法和雷氏法两种。当两种方法测定有争议时,以雷氏法为准。

(5) 水泥的强度。水泥的强度等级按规定龄期的抗压强度和抗折强度来划分。

① 抗压强度。目前水泥强度采用 ISO 法测定。即按 $40\text{mm} \times 40\text{mm} \times 160\text{mm}$ 试模,由一份水泥、三份中国 ISO 标准砂按水灰比为 0.5 拌制的一组塑性胶砂制成标准试件,在标准养护条件下测定其 3d 和 28d 的抗压强度和抗折强度,以评定水泥的强度等级。抗压强度的计算式:

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad (1-8)$$



式中: R_c ——抗压强度, MPa;

F_c ——破坏时的最大荷载, N;

A ——受压部分面积, mm^2 。

②抗折强度。

$$R_f = \frac{1.5F_f L}{b^3} \quad (1-9)$$

式中: R_f ——抗折强度, MPa;

F_f ——折断时施加于棱柱体中部的荷载, N;

L ——支撑圆柱的中心距, mm;

b ——棱柱体正方形截面的边长, 一般为 40mm。

各种水泥各龄期的强度应满足表 1-2 的规定要求。

《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30—2005) 规定: 普通硅酸盐水泥的强度等级应满足表 1-3 的规定。

各种水泥的强度等级

表 1-2

品种	强度等级	抗压强度 (MPa)		抗折强度 (MPa)	
		3d	28d	3d	28d
硅酸盐水泥	42.5	17.0	42.5	3.5	6.5
	42.5R	22.0	42.5	4.0	6.5
	52.5	23.0	52.5	4.0	7.0
	52.5R	27.0	52.5	5.0	7.0
	62.5	28.0	62.5	5.0	8.0
	62.5R	32.0	62.5	5.5	8.0
普通硅酸盐水泥	32.5	11.0	32.5	2.5	5.5
	32.5R	16.0	32.5	3.5	5.5
	42.5	16.0	42.5	3.5	6.5
	42.5R	21.0	42.5	4.0	6.5
	52.5	22.0	52.5	4.0	6.5
	52.5R	26.0	52.5	5.0	7.0
矿渣硅酸盐水泥 火山灰硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥	32.5	10.0	32.5	2.5	5.5
	32.5R	15.0	32.5	3.5	5.5
	42.5	15.0	42.5	3.5	6.5
	42.5R	19.0	42.5	4.0	6.5
	52.5	21.0	52.5	4.0	7.0
	52.5R	23.0	52.5	4.5	7.0
复合硅酸盐水泥	32.5	11.0	32.5	2.5	5.5
	32.5R	16.0	32.5	3.5	5.5
	42.5	16.0	42.5	3.5	6.5
	42.5R	21.0	42.5	4.0	6.5
	52.5	22.0	52.5	4.0	7.0
	52.5R	26.0	52.5	5.0	7.0